

UM ESTUDO SOBRE A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS AOS CONTEÚDOS CLÁSSICOS DO ENSINO MÉDIO

Lisiane Barcellos Calheiro, José Claudio Del Pino,
André Taschetto Gomes, Isabel Krey Garcia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

RESUMO: Apresentamos, neste artigo, os resultados de um estudo sobre a inserção de tópicos de Física de Partículas integrados aos conteúdos tradicionais do Ensino Médio, através da elaboração, desenvolvimento e avaliação de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Estas são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagens, com vistas a facilitar a Aprendizagem Significativa - AS. Na primeira UEPS o enfoque foi dado aos conceitos de Partícula Elementar e Eletricidade. Na segunda, o enfoque foi a integração conceitual das Interações Fundamentais a partir da Lei de Coulomb. Tais inserções têm como objetivo estimular o querer aprender sobre temas referentes a Física Moderna e Contemporânea – FMC. Os resultados evidenciaram que esta intervenção proporcionou indícios de AS.

PALAVRAS CHAVES: partículas elementares, interações fundamentais, aprendizagem significativa, unidades de ensino potencialmente significativas.

OBJETIVOS: O objetivo central deste trabalho é apresentar parte de uma investigação realizada durante a abordagem de um dos tópicos de FMC: Física de Partículas, que se dedica a entender os constituintes últimos da matéria e suas interações. Esta investigação consistiu na aplicação e análise de estratégias didáticas diferenciadas, visando desenvolver nos alunos uma compreensão globalizada de fenômenos do cotidiano, no intuito de que eles evoluam conceitualmente, através do processo de ensino-aprendizagem implementado a partir de duas UEPS sobre a temática, cujo objetivo é identificar e analisar indícios de aprendizagem significativa através das atividades implementadas.

MARCO TEÓRICO

Grande parte das escolas de Ensino Médio ainda adota estratégias didáticas em que o aluno se apresenta como receptor passivo dos conhecimentos, e o professor como aquele que detém os saberes, ministrando aulas no estilo de palestras, sem diálogo.

Poucos são os currículos que apresentam em sua ementa tópicos de FMC. Para Ostermann e Moreira (2001), grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva e insistente na aplicação de equações e problemas simples. Para Anjos (2013), o ensino de Física, reduzido à resolução de equações matemáticas, limita o estudante e minimiza sua capacidade de desenvolver um raciocínio lógico capaz de melhor compreender os fenômenos tecnológicos, sociais e ambientais que ele vivencia diariamente. Tal fato, certamente, não contribui para uma aprendizagem mais significativa, alicerçada nos princípios da educação científica, em um mundo cada vez mais desigual e caótico.

No entanto, acreditamos ser o ensino médio um espaço primordial para fomentar novas maneiras de perceber os problemas que assolam o mundo contemporâneo. É nesta etapa da aprendizagem que questões atuais que envolvam os conhecimentos científicos devem ser levantadas, de modo a proporcionar aos alunos um olhar mais crítico frente a grandes problemáticas que nos cercam, como a pobreza, a falta de recursos naturais, o uso de outras formas de energia, entre outras. Enfim, estimular através da educação a busca constante de um agir mais responsável, crítico e reflexivo, a partir dos conhecimentos que são construídos na escola.








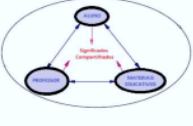

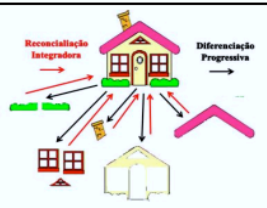
Neste sentido, é importante ressaltar que as reformas curriculares ocorridas nos últimos anos foram fundamentais para dar início ao processo de mudanças nessas práticas docentes tradicionais. A lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional — LDB (BRASIL, 1996) -, os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000) e suas orientações complementares - PCN+ (BRASIL, 2002), contribuíram para uma nova identidade para o Ensino Médio, voltada, principalmente à aprendizagem de conceitos científicos.

No que tange à elaboração do material didático com vistas à consecução do objetivo deste trabalho, ela se deu através da implementação de duas UEPS (MOREIRA, 2011b), que são definidas como sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, voltadas para aprendizagem significativa. Ausubel et al (1978) resume o principal princípio para que ocorra aprendizagem significativa da seguinte forma:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo. (Ausubel et al, 1978)

Por sua vez, a elaboração das UEPS se norteia pelos princípios elencados no Quadro 1, e segue oito passos, conforme sugestão de Moreira ancorado nas teorias da aprendizagem cognitivo-construtivistas (2011a). Estes passos são compostos de estratégias didáticas variadas, implementadas conforme o entendimento do professor.

Quadro 1.
Princípios das Unidades de Ensino Pontencialmente Significativas – UEP

Princípio	Descrição	Princípio	Descrição
 <i>Ideias Prévias</i>	São as variáveis que mais influenciam na aprendizagem significativa de conhecimentos.	 <i>Interação Social</i>	Para captar significados, é fundamental que o sujeito da aprendizagem interaja socialmente e use uma linguagem adequada;
 <i>Pensar, sentir e agir</i>	Estão integrados positivamente no aprendiz que deve construir significativamente seus conhecimentos;	 <i>Interesse</i>	A pré-disposição em aprender parte do aluno;
 <i>Avaliação progressiva</i>	Para avaliar a aprendizagem significativa progressivamente, devem se buscar indícios/evidências, sendo que o professor deve promover situações-problema, mediando as novas informações com os conhecimentos prévios;	 <i>Aluno como sujeito ativo</i>	Nas UEPS, a aprendizagem deve ser significativa e crítica, sendo estimulada pelo questionamento ao invés da memorização, característica da aprendizagem mecânica. Devem-se usar diversas estratégias, abandonando a narrativa em favor da participação ativa do aluno na construção dos seus conhecimentos.
 <i>Organizadores Prévios</i>	Usados para relacionar os conhecimentos novos e prévios. Eles são situações-problema que dão contexto as novas informações. São usadas para despertar intenções nos alunos em aprender significativamente, sendo propostos em níveis crescentes de complexidade;	 <i>Relação triádica de Gowin</i>	O ensino envolve, segundo Gowin, uma relação triádica entre alunos, docentes e materiais educativos. A meta é a promoção da captação e compartilhamento de significados contextualizados da matéria de ensino. Muitas vezes, a relação pode ser quadrática, quando se insere o computador;
 <i>Modelos Mentais</i>	Os alunos, frente a novas situações, primeiramente constroem uma memória de trabalho (modelos mentais funcionais), que são analogias das situações reais;	 <i>Consolidação do conhecimento</i>	Devem se consideradas, na organização do ensino, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação dos conhecimentos;

METODOLOGIA

A implementação das UEPS foi realizada em uma turma de 26 alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual, na cidade de Santa Maria, no interior do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Inicialmente foram realizadas atividades com o intuito de externalizar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conceitos envolvidos. A partir da análise dos conhecimentos prévios emergidos, foi elaborada a primeira UEPS (Quadro 2). Esta partiu de tópicos mais gerais, como o estudo dos constituintes básicos da matéria, a ideia de modelo para Ciência e os modelos atômicos integrando-os aos conceitos que envolvem a eletricidade, até a inserção de conceitos mais específicos de Física de Partículas. Para a elaboração da segunda UEPS (Quadro 2) foram propostas questões e atividades que buscassem evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos sobre interações fundamentais, para que, a partir destes, fossem elaboradas as atividades implementadas durante as situações da UEPS. A elaboração destas intervenções seguiram os princípios elencados por Moreira (2011b), através dos passos sugeridos, de forma a tornar possível a integração dos conteúdos clássicos de Eletricidade e Magnetismo aos tópicos de Física de Partículas.

Quadro 2.
Síntese das situações desenvolvidas nas duas UEPS

Passos	Situações - 1ªUEPS	Situações - 2ªUEPS
1. Definição de conceitos	- Carga elétrica, modelos atômicos, eletrização, partículas elementares.	- Força elétrica, campo elétrico, interações fundamentais.
2. Investigação do conhecimento prévio	- Questionário inicial individual. - Elaboração, em duplas, de mapas livres.	- Análise individual de imagens representando forças e interações. - Elaboração de mapas conceituais.
3. Situações problema introdutórias	- Atividade prática “Espalhamento de Rutherford” para o estudo dos modelos atômicos. - Atividade experimental “Processos de Eletrização”	- Atividades experimentais para construir a ideia de campo. - Campo Gravitacional; - Campo elétrico, - Campo Magnético; - Experiência de Oersted.
4. Diferenciação progressiva	- Assistir o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, 2008). - Responder questões abertas a partir do filme. - Elaboração de mapas conceituais.	- Leitura do artigo “O Modelo Padrão da Física de Partículas” Moreira (2009). - Discussões do texto com a mediação da professora. - Elaboração de mapas conceituais.
5. Complexidade	- Leitura e discussão do artigo “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, M., 2005). - Elaboração de uma linha de tempo.	- Utilização de analogia para o estudo da interação como troca de partículas mediadora.
6. Reconciliação integrativa	- Retomar os conteúdos de forma expositiva dialogada.	- Retomar os conteúdos a partir de textos e do livro adotado pela escola.
7. Avaliação	- Avaliação somativa individual; Aplicação do questionário com questões abertas e fechadas.	- Avaliação somativa individual: 1º - elaboração um mapa conceitual, 2º - aplicação do questionário.
8. Efetividade	- Análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS.	- Análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS.

A análise dos dados se baseou em uma abordagem que buscou priorizar os aspectos qualitativos do processo, apesar de evidenciarmos neste trabalho aspectos quantitativos. Estes nos permitiram fazer generalizações a partir deste estudo, não desconsiderando os inúmeros instrumentos de avaliação que foram adotados no processo de avaliação da implementação da UEPS.

As ferramentas metodológicas, que utilizamos para coletar as informações durante o semestre de desenvolvimento das atividades, foram as seguintes: anotações no diário do professor-pesquisador, materiais produzidos pelos alunos (mapas conceituais, elaboração e apresentação de uma linha do tempo da evolução das partículas elementares, atividades desenvolvidas em experimentos práticos, questões-chave produzidas, atividades extras e demais avaliações), sistematização a partir de revisão de literatura pertinente e observação qualitativa do seu desenvolvimento.

Os resultados apresentados a seguir basearam-se na análise quali-quantitativa, como já mencionado, dos questionários inicial/final aplicados em ambas as UEPS.

Devido à limitação de caracteres, apresentamos oportunamente as análises mais globais. Detalhes pormenorizados podem ser obtidos no corpo da dissertação de mestrado Calheiro(2014), disponibilizada na *web* e referenciada ao final.

RESULTADOS

Das atividades implementadas na sequência das UEPS (questionários, mapas livres, mapas conceituais, linha do tempo, leitura de textos de divulgação científica e atividades experimentais), escolhemos, para análise neste artigo, os resultados dos questionários inicial e final. Também foram observadas a presença/ausência/modificação de alguns conceitos prévios, ao compararmos o questionário realizados no início da intervenção e no final.

Com o questionário inicial buscamos informações acerca dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Subsunçores são conceitos, ideias e proposições acumuladas durante todas as experiências educativas formais e não formais que o estudante teve acesso durante sua trajetória de vida.

Este instrumento mostrou-se de grande valia, pois a partir da identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, elaboramos as atividades presentes nas UEPS, e que foram desenvolvidas durante as aulas. Segundo Ausubel (2000) os conhecimentos prévios são os aspectos mais importantes a serem considerados no processo ensino aprendizagem.

Por sua vez, o questionário final, composto por questões do tipo aberta e fechada, objetivou verificar a existência ou não de indícios de AS dos conteúdos de Física de Partículas, abordados através das UEPS.

Salientamos que essas evidências, resultados desse trabalho, são parte da análise conjunta dos dados produzidos, buscando sempre as relações existentes nos diversos momentos em que os estudantes externalizaram informações/conhecimentos, quando questionados diretamente (questionários), ou obtidos através de outras representações como a elaboração dos mapas conceituais, explicações/apresentações orais das atividades como a linha do tempo, experimentos realizados e textos que eram solicitados a produzirem no intuito de buscarmos esses indícios.

Para analisar as respostas dos questionários inicial e final, considerando sempre, também, os demais instrumentos para ancorar as reflexões dos resultados, criamos as categorias *a priori* abaixo (Quadro 3).

Como forma de sistematização e apresentação dos resultados, optamos por apresentá-los de formas distintas neste trabalho, em virtude das peculiaridades que cada categoria de análise propocionou.

Como já salientado, apresentamos os detalhes mais generalizantes obtidos pelas respostas ao questionário final com questões assertivas do tipo “certo e errado”. Contudo, esses resultados não estão desatrelados das informações qualitativas que foram obtidas nos inúmeros instrumentos já descritos.

Reforçamos que estes indícios de aprendizagem significativa não poderiam, na melhor das hipóteses, serem obtidos por instrumentos conhecidos como “pré e pós-teste”, abordados de forma isolada, pois ao realizarmos uma abordagem nesses moldes, não estaríamos nos ancorando ao referencial da AS, que considera a avaliação como um processo contínuo de busca de indícios da progressão conceitual pelos estudantes, dos tópicos abordados na estratégia metodológica que adotamos, as UEPS.

Quadro 3.

Descrição das categorias *a priori* e questões dos questionários inicial e final.

Categoria A: Ocorrência de Aprendizagem Significativa de conceitos relacionados à constituição da matéria
<p>Nesta categoria descrevemos os resultados referentes a uma questão que trata sobre a constituição da matéria, presente nos questionários inicial e final, e que teve como objetivo identificar a ocorrência de indícios de AS dos conceitos abordados. Podemos concluir que os estudantes apresentaram um grande avanço na compreensão da maioria dos conceitos abordados. O desenvolvimento da UEPS, portanto, contribuiu para construção de concepções mais adequadas sobre a estrutura básica da matéria. Todos os alunos compreenderam, por exemplo, que a matéria não é constituída apenas por prótons e elétrons. Do total, 25 alunos indicaram como falsa a assertiva “A matéria é constituída apenas por elétrons e prótons”.</p> <p>Também houve um acréscimo no número de estudantes que consideram que a matéria não é formada apenas por um constituinte; da mesma forma um número maior de estudantes compreendeu que ela é composta de léptons e quarks (inicialmente 9 apresentavam essa compreensão passando para 19 estudantes), e que há um desequilíbrio no Universo entre matéria e antimatéria, já que na assertiva “Encontramos antimatéria e matéria na natureza, na mesma proporção” houve aumento da resposta falsa de 10 para 17 estudantes. Esses resultados indicam uma AS da maioria dos estudantes sobre os conceitos trabalhados, já que o objetivo da proposta foi introduzir o tema, e não aprofundá-lo.</p>
Categoria B: Ocorrência de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao átomo
<p>Nesta categoria analisamos os resultados apresentados em algumas respostas às questões do questionário final, e idênticas ao questionário inicial, cujo objetivo foi verificar a ocorrência de evolução conceitual nas concepções dos estudantes. As questões, tiveram como objetivo identificar se os estudantes compreendiam acerca da estrutura conceitual do átomo e seus modelos, além de abordar a importância da concepção de modelo para ciência. A seguir, reproduzimos as questões com suas respostas mais adequadas:</p> <p>Q.2 - Atualmente consideramos que o átomo é? R.: (D) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico; Q.3 - O núcleo do átomo na sua constituição mais simples é composto por? R.: (C) Por prótons e nêutrons; Q.4 - Como você define um modelo? (B) O modelo representa, de forma simplificada, os elementos essenciais de um sistema ou de um fenômeno; Q.6 - Ao longo da história da ciência, diversos modelos atômicos foram propostos até chegarmos ao modelo atual. Abaixo estão descritos alguns destes modelos. Relacione os modelos atômicos com os respectivos cientistas que os propuseram. Se souber faça o desenho correspondente; Q.7 - Considerando a teoria atômica em que toda a matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-los, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar: (a) A impossibilidade de ver o átomo demonstra que ele e os modelos criados são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos (resposta mais adequada); (b) A ideia de existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria; (c) Sendo os átomos partículas inobserváveis, a função dos modelos atômicos é de representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas; (d) Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria; (e) As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente. Q.9 - O que você entende por partículas elementares? (a) O próton é um exemplo de partícula elementar; (b) São partículas indivisíveis (assertiva mais adequada); (c) Partículas indivisíveis que não são compostas de nenhuma outra; (d) é o mesmo que o átomo.</p>
Categoria C: Ocorrência de Aprendizagem Significativa dos conceitos relacionados aos tópicos de Física de Partículas
<p>Nesta categoria descrevemos os resultados apresentados em outras questões, agora do questionário final, do tipo aberta e fechada, algumas também incluídas no questionário inicial, com o objetivo identificar a ocorrência de evolução conceitual relacionada aos tópicos de Física de Partículas, abordados durante a implementação da primeira UEPS. Suas repostas serviram para apurar a existência de indícios de AS. Q.8 Você já ouviu falar de antipartículas e antimatéria? Escreva o que você sabe. Q.9 Como podem ser observadas e detectadas as partículas elementares: (a) Microscópios; (b) Observação direta na Natureza (olho nu); (c) Telescópios especiais; (d) Em laboratórios especializados, como o CERN, na Suíça. (Assertiva adequada). Q.10 Como podemos descrever o átomo se não podemos vê-lo ou senti-lo. Q.11 Como você explicaria o fato de às vezes tomar um “choque” ao sair do carro? Que relação existe com a matéria? Escreva os processos envolvidos no fenômeno.</p>

Pela análise das respostas as questões 2 (inicialmente – “I” cinco responderam adequadamente e ao término das atividades – “T” vinte), Q.3 (I=8, T=20), Q.4 (I=5, T=23), Q.6 (I=1, T=18) e Q.7 (I=13, T=22), podemos inferir que, em relação ao questionário inicial, houve um grande avanço nas concepções dos alunos relacionadas ao estudo da estrutura básica do átomo, o que evidenciou que as atividades propostas para o estudo da estrutura atômica, tiveram êxito em sua realização. A evolução conceitual alcançada possivelmente se deve a utilização de variados recursos didáticos, tais como aulas práticas, vídeos demonstrativos e textos científicos.

Prosseguindo na análise das questões formuladas no questionário final, citamos a questão 8, que tratou da antipartícula e da antimatéria: *Você já ouviu falar de antipartícula? E antimatéria? Escreva o que você sabe*; diferentemente do que ocorreu no questionário inicial, quando apenas 1 aluno a respondeu, no final a maioria dos alunos tentou respondê-la e resultou em 7 alunos com respostas em conformidade com o conceito científico aceito. Mesmo com a iniciativa da maioria em responder a questão, as mesmas apresentaram vários erros conceituais. A ocorrência de conceitos incompletos já era esperada, devido ao caráter introdutório da proposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na Teoria de Aprendizagem de Ausubel, nosso trabalho teve como foco principal o desenvolvimento de duas UEPS, com vistas a facilitar a AS de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de Eletromagnetismo. A abordagem destes tópicos teve um caráter introdutório, visto que os conceitos não foram explorados com o formalismo que lhe é peculiar. A introdução de Física de Partículas teve também como objetivo, servir de base para melhorar a compreensão dos alunos que pretendem seguir seus estudos na área, contribuindo assim para uma formação cidadã. A atividade com o questionário inicial, por sua vez, objetivou o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, o que se demonstrou de fundamental importância no desenvolvimento da pesquisa. A partir deste e da análise dos resultados das atividades, foi possível conhecer o que efetivamente os estudantes possuíam de conhecimentos prévios a respeito dos tópicos a serem estudados, norteando, assim, a construção e o desenvolvimento das atividades das UEPS. Também, como análise de resultados da primeira UEPS, utilizou-se o questionário final, o qual não foi uma tarefa avaliativa, mas uma atividade colaborativa, de forma a verificar se houve indícios de AS.

Por fim, o desenvolvimento do presente trabalho evidenciou que a implementação das UEPS, além de facilitar a AS dos alunos, proporciona uma alternativa de desenvolver temas contemporâneos na escola básica, tornando a aprendizagem dos conteúdos de Física de Partículas mais estimulante para o aluno. Os resultados são encorajadores e reforçam a ideia de novas implementações e também da elaboração de novas UEPS sobre diferentes conteúdos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, M. C. B. (2005) Sobre o discreto charme das partículas elementares. *Física na Escola*, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2005.
- O Discreto Charme das Partículas Elementares. São Paulo: UNESP, http://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM, 2008.
- ANJOS, A. J. Pesquisa em Ensino de Física e Sala de Aula: uma Reflexão. Bahia:UEFS, *Caderno de Física da UEFS*, 2013.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. AND HANESIAN, H. (1978). Educational psychology: a cognitive view. 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston.
- AUSUBEL, D.P.(2000). Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: *Plátano edições técnicas*.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA ED. SEC.DE ENSINO BÁSICO. PCN. Ensino Médio. Brasília, 2000.
- PCN +. Ensino médio. Brasília 2002.
- CALHEIRO, L. B. (2014). Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: química da vida e saúde, Santa Maria.
- MOREIRA, M.A. (1998) Mapas conceituais e aprendizagem significativa (revisado). *Cadernos de Aplicação*, v.11, n.2, p.143-156.
- (2011a) Teorias da Aprendizagem. 2ª Ed. São Paulo: EPU.
- (2011b). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revistas/ Meaningful Learning Review* – V1(2), pp. 43-63.
- OSTERMAN, F.; MOREIRA, M. A.(2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial. *Caderno Catarinense de Física*, Florianópolis, V.18(2).
- SIQUEIRA, M. E PIETROCOLA, M.(2010). Espalhamento de Rutherford na sala de aula do ensino médio. *A Física na Escola* (Online), v. 1, p. 10-12.

